

Научно-методическое обоснование оценки радиоактивного загрязнения окружающей среды и комплекса мероприятий по реагированию на аварийные ситуации на АЭС

Т.В. Дашкевич¹, М.Г. Герменчук²

¹Международный государственный экологический университет имени А.Д.Сахарова,
г. Минск, Республика Беларусь

²Республиканское научно-исследовательское предприятие «БелНИЦ «Экология»,
г. Минск, Республика Беларусь

При штатной работе АЭС выбросы и сбросы радиоактивных веществ строго нормируются и, как правило, не представляют угрозы для населения и окружающей природной среды. Наибольшую опасность представляют радиационные аварии и инциденты.

На всем протяжении развития атомной энергетики (мировой опыт эксплуатации энергетических реакторов превышает 10700 реакторо-лет) совершенствованию систем надежности и безопасности на АЭС уделялось особое внимание, однако полностью исключить возможность возникновения аварийных ситуаций на таком сложном предприятии, каким является АЭС, пока не удастся. К тяжелым последствиям, связанным с радиоактивным загрязнением окружающей среды, приводят аварии на АЭС, сопровождающиеся расплавлением активной зоны реактора (авария 1957 г. на исследовательском реакторе в Селафилде (Уиндскейл, Великобритания); авария 1979 г. в США на водо-водяном реакторе ТМ1-2 (Три-Майл-Айленд).

По настоящее время одной из наиболее значимых радиационных катастроф является авария, которая произошла на Чернобыльской АЭС 26 апреля 1986 года. Тепловой взрыв на четвертом блоке ЧАЭС привел к разрушению реактора РБМК-1000 и вызвал выброс диспергированного ядерного топлива в окружающую среду. Практически до конца мая из разрушенного реактора наблюдался выход газообразных и аэрозольных продуктов деления. Суммарный выброс радиоактивности составил около 50 МКи (без учета ИРГ), что соответствовало примерно 3% - 4 % общего количества накопленной в реакторе активности. Впоследствии источник загрязнения обуславливался смывом долгоживущих радионуклидов дождевыми осадками с загрязненных водосборов.

Новый опыт по оценке радиационной обстановки в случае аварии на атомной электростанции был получен на АЭС «Фукусима-1» (одна из 25 крупнейших атомных электростанций в мире), где 11 марта 2011 года после сильнейшего землетрясения и цунами произошла авария.

Большие скорости протекания переходных процессов в атомной энергетике исключают возможность управления процессом локализации первых стадий начинающейся катастрофы. Поэтому необходимо осуществлять превентивную готовность к аварии на АЭС и развивать системы безопасности, причем не только на техническом и методическом уровне, но и на организационном. Каждая контрмера должна быть проведена в тот момент, когда её эффективность максимальна. Как следствие, данные мониторинга, полученные во время штатной работы АЭС, должны позволить оценить результаты моделирования радиационной обстановки во время аварии для своевременного привлечения необходимых ресурсов для ликвидации последствий, не вызвав тем самым перегрузку всех ресурсов аварийного реагирования.

Мониторинг развития ситуации в случае аварии проводится с целью собрать и представить информацию для классификации аварии и оказать содействие лицам, принимающим решения, по вопросам необходимости осуществления защитных мероприятий и вмешательства на основании действующих уровней вмешательства. Кроме того, мониторинг проводится с целью оказать помощь в предотвращении распространения радиоактивного загрязнения, предоставить информацию для защиты аварийных рабочих,

предоставить точные и своевременные данные об уровне и степени опасности, возникшей вследствие радиационной аварийной ситуации, определить протяженность территории и продолжительность опасности, представить детальные физические и химические характеристики опасности, подтвердить эффективность защитных мероприятий, таких как дезактивации.

Вопросы классификации аварий в наибольшей степени проработаны по отношению к атомным станциям. В документах Росэнергоатом можно встретить следующую трехуровневую классификацию аварий на атомных станциях.

Локальная авария – это нарушение в работе атомной станции, при котором произошел выход радиоактивных веществ (или рост интенсивности ионизирующего излучения) за предусмотренные границы и оборудования, технологических систем, помещений и сооружений станции в количествах, превышающих установленные значения для нормальной эксплуатации, но не представляющие опасности для населения и лиц, находящихся на территории промышленной площадки АЭС.

Местная авария – это нарушение в работе АЭС, при котором произошел выход радиоактивных продуктов в пределах санитарно-защитной зоны АЭС в количествах, превышающих установленные для нормальной эксплуатации значения.

Общая (региональная) авария – это нарушение в работе АЭС, при котором произошел выход радиоактивных продуктов за границы санитарно-защитной зоны АЭС в количествах, превышающих установленные для нормальной эксплуатации значения.

Данная классификация достаточно четко характеризует географию и масштаб возможных последствий.

В радиационной аварии различают четыре фазы развития: начальную, раннюю, промежуточную и позднюю (восстановительную).

Начальная фаза аварии является периодом времени, предшествующим началу выброса (сброса) радиоактивности в окружающую среду или периодом обнаружения возможности облучения населения за пределами санитарно-защитной зоны предприятия. В отдельных случаях подобная фаза может не существовать вследствие своей быстротечности.

Ранняя фаза аварии (фаза «острого» облучения) является периодом собственно выброса радиоактивных веществ в окружающую среду или периодом формирования радиационной обстановки непосредственно под влиянием выброса (сброса) в местах проживания или нахождения населения. Продолжительность этого периода может быть от нескольких минут до нескольких часов в случае разового выброса (сброса) и до нескольких суток в случае продолжительного выброса (сброса). Для удобства в прогнозах продолжительность ранней фазы аварии в случае разовых выбросов (сбросов) целесообразно принимать равной 1 суткам.

Промежуточная фаза аварии охватывает период, в течение которого нет дополнительного поступления радиоактивности из источника выброса в окружающую среду и в течение которого принимаются решения о введении или продолжении ранее принятых мер радиационной защиты на основе проведенных измерений уровней содержания радиоактивных веществ в окружающей среде и вытекающих из них оценок доз внешнего и внутреннего облучения населения. Промежуточная фаза начинается с нескольких первых часов с момента выброса (сброса) и длится до нескольких суток, недель и больше. Для разовых выбросов (сбросов) протяженность промежуточной фазы прогнозируют равной 7-10 суток.

Поздняя фаза (фаза восстановления) характеризуется периодом возврата к условиям нормальной жизнедеятельности населения и может длиться от нескольких недель до нескольких лет в зависимости от мощности и радионуклидного состава выброса, характеристик и размеров загрязненного района, эффективности мер радиационной защиты.

Последствия радиационных аварий и, прежде всего, радиоактивные загрязнения окружающей среды имеют сложную зависимость от исходных параметров радиационно опасного объекта (типа и мощности ядерной установки, метеоусловий).

Для своевременного оперативного реагирования при локальных и региональных авариях на АЭС необходимо:

- на государственном уровне отработать правовую и нормативную базы, позволяющие своевременно привлекать для ликвидации последствий аварии необходимый ресурсный и экономический потенциал;

- подготовка и тренинг кадров;

- для региона АЭС изучить пути формирования доз облучения и параметры миграции наиболее опасных радионуклидов;

- критичность природных объектов и приоритетность контрмер установить для каждого значимого природного комплекса в доаварийный период, учитывая, что эффективность защиты от внутреннего облучения быстро уменьшается во времени и определяется готовностью к проведению защитных мероприятий в доаварийный период.

Наиболее сложным и важным периодом аварийной ситуации является острая начальная фаза аварии, которая требует создания системы аварийного реагирования (системы поддержки принятия решений – СППР). Её цель – обеспечение лиц, принимающих решения в случае аварии на АЭС, необходимой фактической и расчетной информацией о радиационной обстановке для оптимизации противоаварийных мероприятий по защите персонала, населения и окружающей среды за пределами промплощадки АЭС.

Основными задачами СППР являются:

- оценка и прогноз загрязнения окружающей среды с учетом данных радиационного мониторинга в режиме реального времени;

- оценка и прогноз доз облучения населения по всем основным путям воздействия;

- выработка рекомендаций по защите населения и объектов окружающей среды;

- оценка эффективности защитных мероприятий и их оптимизация для конкретных условий с учетом радиологических, экономических и социальных условий.

Аварийные работы в случае радиационной аварии осуществляются в два этапа: первоочередные аварийные работы и ликвидация последствий аварий (в том числе ремонтно-восстановительные работы на объекте и его территории).

Основными задачами, решаемыми в ходе первоочередных аварийных работ на радиационно опасном объекте, являются:

- установление контроля над аварийной ядерно-технической установкой (реактором);

- оценка обстановки и принятие решений по снижению тяжести аварии и ее последствий;

- проведение спасательных работ;

- тушение пожаров;

- подавление выбросов радиоактивных веществ и предотвращение распространения радиоактивного облака;

- деактивация путей подхода людей и техники к местам проведения работ;

- мероприятия по радиационной защите.

Работа по оценке радиационной обстановки для обеспечения радиационной безопасности населения и территорий определяется типом и фазой развития аварии. На ранней фазе аварии необходимо приступить к поэтапной реализации программы радиационного мониторинга.

В этот период основными задачами радиационного мониторинга окружающей среды являются экспрессное определение характеристик выброса (сброса) и выноса радиоактивных веществ за пределы защитных барьеров, получение данных о

метеорологической (гидрологической) ситуации в районе аварии, оценка мощности дозы гамма-излучения на местности и объемной активности радионуклидов в приземном слое воздуха (воде). Решение этих задач должно опираться на действующую в санитарно-защитной зоне (СЗЗ) и зоне наблюдения (ЗН) АЭС стационарную ведомственную сеть наблюдений (автоматизированные системы радиационного контроля), а за ее пределами – территориальную гидрометеорологическую сеть при поддержке санитарных служб и мобильных лабораторий (групп) радиационной разведки гражданской обороны. Разворачиваются несколько групп для определения опасности для населения путем установления протяженности облака, концентрации радионуклидов, выпадений из облака. Группы проводят замер мощности эквивалента амбиентной дозы от облака, от выпадений или непосредственно от источника. Если ожидается, что аварийная ситуация продлится продолжительное время, то организуется возможность сменной работы групп.

Приоритетной задачей по отношению к количественному анализу является определение территории, которая является действительно «грязной», что особенно актуально в случае ограниченных ресурсов реагирования. Так как во время радиационной аварии и сразу после нее вероятна перегрузка ресурсов аварийного реагирования, важно обеспечить их наиболее эффективное и рациональное использование до того времени, пока не будет получена дополнительная помощь. Для уточнения очередности проведения мониторинга и протяженность территории, на которой люди могут пострадать от выброса радиоактивного материала, используется компьютерное моделирование распространения радиоактивного облака при учете источника выброса и метеоусловий (или данные разведки), т.е. первоочередному мониторингу подлежат наиболее загрязненные по результатам прогнозирования (разведки) населенные пункты.

Определив текущую ситуацию и предприняв соответствующие неотложные действия, утверждаются программы отбора проб. Масштабы таких программ зависят от размеров и уровня выброса, демографической ситуации, характеризующейся видами сельскохозяйственного производства и распределения населения. Овощи и другая продукция местного производства, питьевая вода и молоко от местных коров должны быть проверены для сравнения полученных значений с уровнями вмешательства. На основании действующих уровней вмешательства и других факторов определяется необходимость проведения дополнительных защитных мероприятий для населения, домашнего скота, посевов, запасов воды, а также введения запрета на потребление пищевых продуктов и воды, поддержания или восстановления элементов инфраструктуры жизнеобеспечения.

При подготовке программы мониторинга и отбора проб следует учесть, что вероятность выброса летучих радионуклидов (I-131, I-132, I-133, Te-131, Te-132, Cs-134, Cs-137, Ru-103, Ru-106) и инертных газов наиболее высока. В течение первых дней и недель после аварии наибольший вклад в формирование доз облучения вносят короткоживущие радионуклиды (I-131, I-132, Te-132, Ru-103, Ba-140, Ce-141).

Аппаратура для оценки радиационной обстановки должна обеспечить получение информации для принятия своевременного и обоснованного решения с целью уменьшения последствий аварии и установления критериев для принятия неотложных мер по защите персонала, населения и объектов окружающей среды. Среди средств измерения в обязательном порядке должны быть:

- приборы измерения радиоактивности газоаэрозольных выбросов;
- приборы измерения радиоактивности и объемов жидких сбросов;
- портативные приборы, позволяющие измерять уровни мощности дозы гамма- и бета-излучения, уровни удельной активности альфа-, бета-излучателей, а также I-131, Cs-134, Cs-137 в различных пробах объектов окружающей среды (при этом важным параметром оценки радиационной обстановки являются потоки альфа- и бета-частиц);
- приборы индивидуального дозиметрического контроля.

Ликвидация последствий аварии направлена прежде всего на предотвращение распространения радиоактивных веществ за пределы загрязненной территории и включает в себя: локализацию и ликвидацию источников радиоактивного загрязнения; дезактивацию (реабилитацию) самой этой загрязненной территории и объектов; сбор и захоронение (размещение) образующихся в ходе работ радиоактивных отходов, а также ремонтно-восстановительные работы на объекте и его территории, объем и содержание которых определяется степенью тяжести аварии и планами их дальнейшего использования.

Принятие решений по ликвидации последствий аварий зависит от целей и задач, определяемых каждой конкретной стадией работ.

На ранней стадии необходимо локализовать источник аварии (остановить выброс радиоактивных веществ в окружающую среду), оценить радиационную обстановку, снизить перераспределение первичного загрязнения на менее загрязненные или незагрязненные участки (локализовать или удалить загрязненные фрагменты технологического оборудования, зданий и сооружений, просыпей и проливов радиоактивных веществ), создать временные площадки складирования радиоактивных отходов.

Характерной особенностью ранней стадии аварии является высокая вероятность возникновения вторичных загрязнений за счет переноса нефиксированных, первично выпавших радиоактивных веществ на менее загрязненные или незагрязненные поверхности.

С течением времени происходит увеличение прочности фиксации загрязнения на поверхностях, приводящее к необходимости применения более сложных и дорогостоящих методов его ликвидации, увеличению объемов образующихся радиоактивных отходов, продолжительности и стоимости работ по обеспечению требуемого уровня защиты населения. Поэтому эффективность и оперативность принятия решений по ликвидации выявленных нефиксированных загрязнений на ранней фазе имеет первостепенное значение. Эти решения надо прежде всего принимать по наиболее критическим объектам загрязнения.

На промежуточной стадии производится уточнение и детализация данных инженерной и радиационной обстановки, зонирование территорий по видам и уровням излучений и реализация мероприятий, необходимых и достаточных для обеспечения заданного уровня мер защиты населения.

В этот период на поверхностях объектов радионуклиды находятся в нефиксированных или слабо фиксированных формах. Необходимо исключить возможность возникновения вторичных загрязнений, предотвратить процесс фиксации радиоактивных веществ на поверхности и проникновение их вглубь объема и, как следствие, снизить уровень требований к необходимым мерам защиты населения.

На поздней стадии завершаются плановые работы, ликвидируются временные площадки складирования радиоактивных отходов или организуется радиационный контроль безопасности хранения на весь период потенциальной опасности, обеспечивается проживание населения без соблюдения мер защиты. Работы на поздней стадии наиболее трудоемки и продолжительны. Радионуклиды, определяющие радиационную обстановку на загрязненных объектах, в этот период находятся преимущественно в фиксированных и трудно удаляемых известными методами дезактивации формах. Выбор наиболее эффективных методов может быть сделан только по данным детальных исследований нуклидного состава и физико-химических форм радиоактивного загрязнения.

До начала и одновременно с работами по ликвидации радиоактивных загрязнений проводится локализация и захоронение источников радиоактивного загрязнения. Она направлена на предотвращение перераспределения первичных радиоактивных

загрязнений за счет ветрового и антропогенного переноса загрязнений, миграции с поверхностными и грунтовыми водами.

Выводы

Для оперативного реагирования в случае аварии на АЭС и уменьшения её последствий особое внимание следует уделить превентивной готовности к аварии, в том числе, разработке и усовершенствованию программы радиационного мониторинга.

Для обеспечения радиационной безопасности населения и территорий и последующей оценки дозовых нагрузок программа радиационного мониторинга должна обеспечивать получение достоверной информации для оценки загрязнения окружающей среды и моделирования радиационной обстановки. Программа должна соответствовать изложенным в статье требованиям и включать в себя:

- экспрессное определение характеристик выброса (сброса) радиоактивных веществ;
- экспрессное определение выноса радиоактивных веществ за пределы защитных барьеров;
- моделирование радиационной обстановки с использованием данных о метеорологической (гидрологической) ситуации в районе аварии;
- мониторинг и оценку мощности дозы гамма-излучения на местности и объемной активности радионуклидов в приземном слое воздуха (воде).

В случае штатной работы АЭС программа радиационного мониторинга должна обеспечить:

- оценку фонового загрязнения объектов окружающей среды долгоживущими радионуклидами;
- оценку параметров радиационной обстановки в системе критериев и целевых показателей радиационной безопасности, в том числе зафиксированных в отчете по ОВОС;
- оперативное выявление аварийного загрязнения окружающей среды для организации комплекса мероприятий по реагированию на аварийные ситуации.

Данные мониторинга, полученные во время штатной работы АЭС, должны позволить оценить результаты моделирования радиационной обстановки во время аварии для своевременного привлечения необходимых ресурсов для ликвидации последствий, не вызвав тем самым перегрузку всех ресурсов аварийного реагирования.

Для научного обоснования оценки радиоактивного загрязнения окружающей среды в случае аварии программа радиационного мониторинга должна обеспечить:

- измерение короткоживущих радионуклидов (I-131, I-132, Te-132, Ru-103, Ba-140, Ce-141);
- широкомасштабное изучение долговременного радиоактивного загрязнения средне- и долгоживущими радионуклидами, в том числе Sr-90, изотопами урана и плутония на всех четырех фазах развития аварии.